

【補助事業概要の広報資料】

補助事業番号 26-168
補助事業名 平成26年度 省エネルギー高速移動体設計用高精度衝撃試験法開発
補助事業
補助事業者名 広島大学大学院工学研究院 岩本 剛

1 研究の概要

自動車等高速移動体の衝突安全性、重量等の性能は、構成する材料の高速変形挙動に大きく依存する。従って、材料が持つひずみ速度依存性を、高精度な試験法によって把握することは非常に重要である。しかし、既存の試験法には、摩擦の考慮等十分検討されなかった項目も存在し、既存法を高精度化することは不可欠であると考えられる。また、高延性材料については、既存法では測定できない重要な性質も存在する。本研究では、超々高速度領域において用いられるテイラー試験における、衝撃力の計測による高精度化について、実験と数値解析を併用することにより、研究・開発を実施する。

2 研究の目的と背景

自動車、航空機、ロケットのような高速移動する構造物の衝突安全性や宇宙ゴミなどの飛来物からの構造物の保護は、構成する材料の高速変形挙動に大きく依存する。高分子から複合材、金属材料を含めた多様な材料を適材適所に配置し、構造物を構成することで、材料が持つ強度による安全性の確保だけでなく、軽量化による省エネルギーを達成可能な構造物の設計に大いに貢献できる。故に、構造物の軽量化等の性能改善も、材料の高速変形挙動が鍵を握っていると言っても過言ではない。

従って、材料が持つ、衝突速度に依存した（ひずみ速度依存性）力学特性を、正確に把握することは非常に重要である。現状では、市販の衝撃試験機を含め、様々な衝撃試験法が開発され、実用化されており、信頼性の高さ故に衝撃試験法として実績のある、分割式ホプキンソン棒法についてはISOの規格として採用されている。

しかしながら、こうした試験法にも規格化の段階で、十分検討されなかった項目も存在し、世界的に周知の事実となっている。例えば、圧縮試験における摩擦の考慮である。通常の準静的状態における圧縮試験法でも、摩擦の存在が材料の特性を正確に得ることを妨げていることは、よく知られたことである。また、延性が非常に高いような材料に対しては、従来の試験法では破壊するまで外力を作用させることが非常に困難であることから、新しい試験法の開発が強く望まれる。さらに、宇宙ゴミの飛来については、超々高速現象と表現できるため、火薬等により壁に試験片を衝突させる方法が一般的であるが、衝突させた後の変形形状を計測するだけで、力の計測等は行われていないのが現状である。これでは材料の力学特性を把握可能であるかどうか、また得られたとしてもその値は正確であるかは非常に疑問であ

る。

そこで本研究では、以下の検討項目に絞り、実験とコンピューターシミュレーションを併用することで、超々高速度領域において用いられるテイラー試験における、衝撃力の計測ならびに円筒試験片を用いることによる高精度化について研究・開発を実施する。

3 研究内容

純アルミニウム（JIS A1070）を対象に以下のような計画にて研究を遂行した。

<http://home.hiroshima-u.ac.jp/~iwamotot/JKAH26/>

①試験片の製作と準備

試験用材料をメーカーから入手し、所定の形状に加工した。



図 製作した試験片

②試験片を用いた実験、摩擦係数の決定および数値解析に用いる数式モデルの同定

後の有限要素解析に不可欠である材料モデルを決定する必要がある。本項では様々な細長比を持つ円柱試験片により、準静的から衝撃の領域において圧縮試験を行い、得られた応力-ひずみ曲線から摩擦係数を決定した。得られた摩擦係数から、摩擦による応力の増分値を差し引くことで、材料が持つ固有の応力-ひずみ関係を得た。以上の結果をJohnson-Cook材料モデルに適用し、その材料パラメータを決定した。

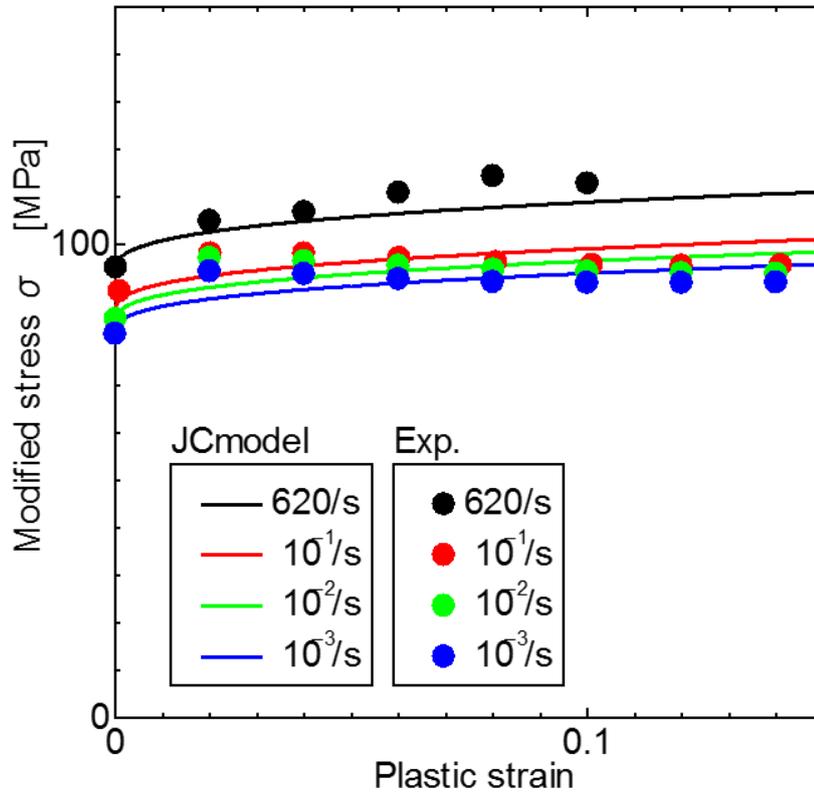


図 Johnson-Cookモデルと実験値の比較

③数値解析を用いた試験装置や素子の妥当性検討

提案した方法に基づいて、実際に試験装置や素子が要求仕様を満足することが可能か、検出精度を高めるために必要な寸法はいくらかということを有限要素解析により検討した。

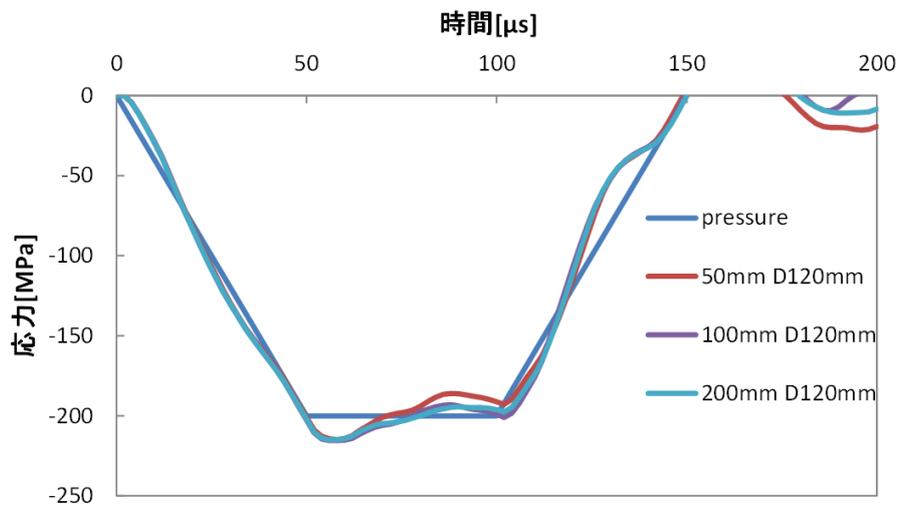


図 解析から得られた応力波形

④試験装置や検力素子の製作

前項で設計した装置の寸法に従って、装置部品を作成し、研究室で組み上げた、および既存の装置に素子を取り付けた。

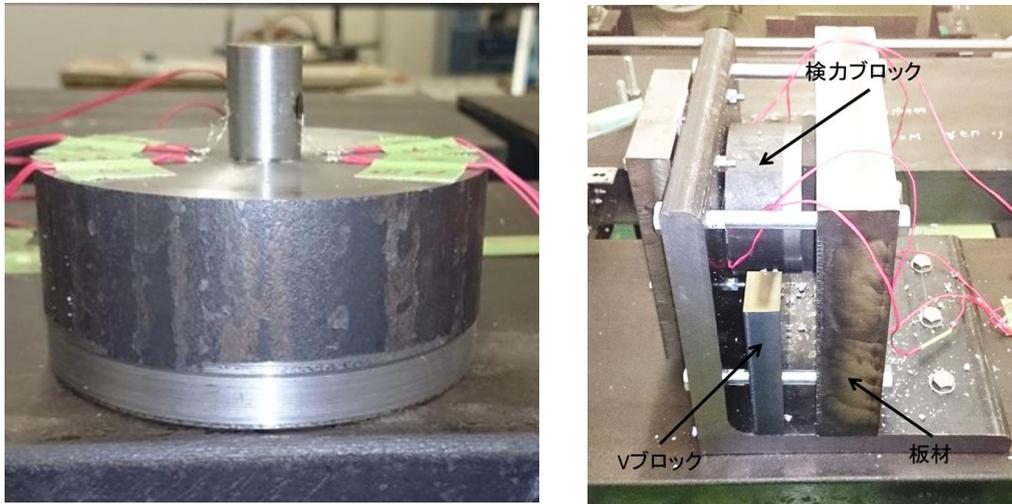


図 衝撃外力検知素子（左側）と装置に組み込んだ様子

⑤製作した試験装置や試験片を用いた実験

実際に製作した検力素子を組み込んだ試験装置を用いて、それぞれの試験法に基づいた試験を実施した。

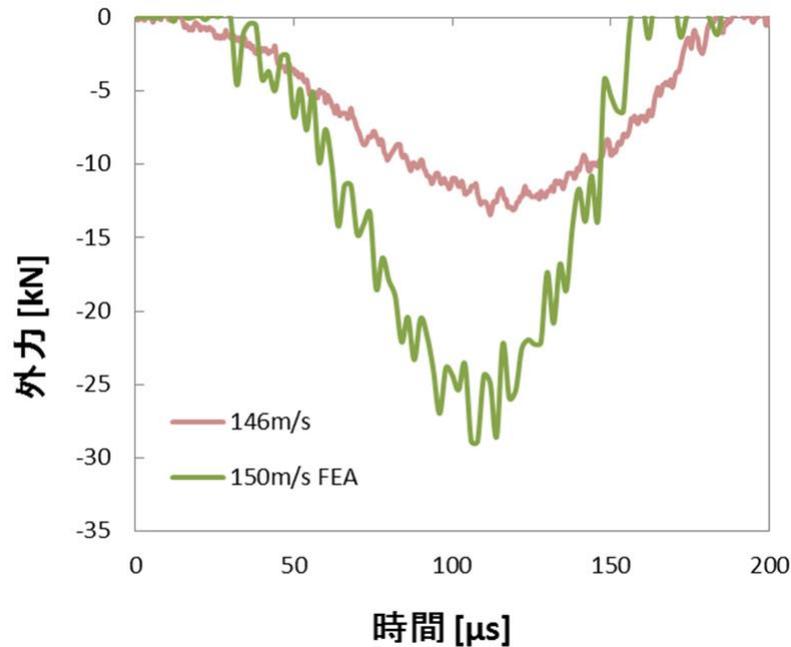


図 実験と解析から得られた外力波形

⑥有限要素解析による効果の検証や発生メカニズムの検討

②項で同定した材料モデルを用いて、同じ試験法をモデル化し、解析を実施する。解析の妥当性は実験結果との比較によって証明した。解析により、摩擦の低減等目標として明らかにすべき現象のメカニズムを検討した。

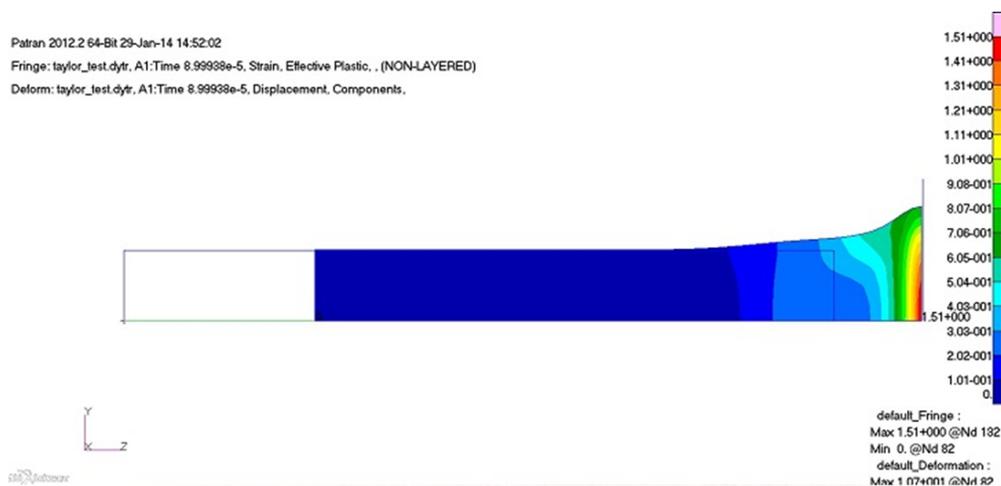


図 有限要素解析結果

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

高速移動体の更なる安全化と軽量化を両立させるような、構造物の開発に繋がる材料の力学特性の正確な評価に対する取り組みを推進できる。これに従って、高速領域における材料の力学挙動の評価を精密に行えば、安全率を大きくすることなく、十分な強度を持った構造物を、現在より軽量化することができる。評価において生じる誤差分が、軽量化を妨げていることから、この誤差分を解消できるよう評価を行うことが可能となる。かつこの様な評価から、温室効果ガスの削減に伴う異常気象の発生回数減少に繋がり、諸外国に対してクリーンな日本をアピールできる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

研究開始後から一貫して、材料の変形に伴って発生する相変態とそれを利用した高機能化がテーマである。変形の高速度を高くすると現象は非常に複雑となる一方で、高機能化を実現できる可能性を秘めている。その流れで、高速変形中の相変態現象を研究しているが、高速変形を実施する試験法を用いる際、様々な疑問が生じる。その疑問を解消するべく、試験法の基本に立ち戻り、現状を観直した上で、高精度化を図ろうとするのが本研究である。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

発表論文

国際学術雑誌 (Key Engineering Materials、Trans Tech Publications) への投稿論文1篇

題目 : Verification of Taylor Impact Test by Using Force Sensing Block

(和文題名 検力ブロックを用いたテイラー試験の検証)

(URL

[http://home.hiroshima-u.ac.jp/iwamotot/JKAH26/KeyEngMater626\(2015\)444-449.pdf](http://home.hiroshima-u.ac.jp/iwamotot/JKAH26/KeyEngMater626(2015)444-449.pdf))

知財

現時点では特になし

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの

現時点では特に無し

(2) (1) 以外で当事業において作成したもの

現時点では特に無し

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名 : 広島大学大学院工学研究院材料力学研究室

(ヒロシマダイガクダイガクインコウガクケンキュウインザイリョウリ
キガクケンキュウシツ)

住 所 : 〒739-8527

東広島市鏡山1-4-1

申 請 者 : 准教授 岩本 剛 (イワモト タケシ)

担 当 部 署 : 広島大学大学院工学研究院材料力学研究室

(ヒロシマダイガクダイガクインコウガクケンキュウインザイリョウリ
キガクケンキュウシツ)

E - m a i l : iwamoto@mec.hiroshima-u.ac.jp

U R L : <http://home.hiroshima-u.ac.jp/iwamotot/JKAH26>